

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР С ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

Рассматривается принципиальная кинематическая схема комбинированного гидротрансформатора, в котором сочетаются режимы работы с одной и двумя активными турбинами, а также режимы гидромукты и блокировки. Сочетание одноступенчатого и двухступенчатого режимов работы гидротрансформатора достигается за счет применения составного насосного колеса, одна из частей которого может использоваться как вторая турбина центробежного типа, при этом основная турбина гидротрансформатора — центростремительного типа. Для управления гидротрансформатором предусматриваются три сцепные муфты.

Ключевые слова: самоходная машина, трансмиссия, гидродинамический трансформатор.

ADJUSTABLE TORQUE CONVERTER

The study considers a combined torque converter (TC) design. The TC supports single and double turbine operations, a coupling, and a lock-up mode. To enable single- and double stage operation, a compound impeller is used. A part of the impeller can be used as the second outward-flow turbine, while the main TC turbine works as an inward-flow turbine. There are three clutch couplings to control the TC.

Keywords: self-propelled vehicle, transmission, torque converter.

В трансмиссиях многих самоходных машин широко применяются гидромеханические передачи (ГМП), которые содержат гидродинамический трансформатор вращающего момента (далее — гидротрансформатор), механическую ступенчатую коробку передач и гидравлическую систему управления [1]. Полезные свойства гидротрансформаторов хорошо проявляются в машинах, эксплуатируемых в циклическом режиме с переменными нагрузками в плохих дорожных условиях и вне дорог.

Существенным недостатком наиболее распространенных автотракторных одноступенчатых гидротрансформаторов является недостаточный диапазон автоматического изменения вращающего момента двигателя. Поэтому последовательно с гидротрансформатором работают многоступенчатые коробки передач планетарного или вального типа. При этом число ступеней переднего хода достигает 8–12, а ступеней заднего хода — 4, что усложняет систему управления трансмиссией. Также известно, что при увеличении числа ступеней в коробке передач сокращается время работы коробки на низших ступенях [1].

Другой существенный недостаток одноступенчатых гидротрансформаторов — относительно низкий коэффициент полезного действия (КПД). Поэтому с целью повышения КПД трансмиссии многие гидротрансформаторы имеют режим бло-

кировки, сокращающий период их активной работы, несмотря на отказ от демпфирующих свойств.

Более высокими преобразующими свойствами в зоне малых передаточных отношений обладают многоступенчатые гидротрансформаторы [2]. Высокие значения коэффициента трансформации у многоступенчатых гидротрансформаторов позволяют сократить количество ступеней в механической коробке передач и тем самым упростить кинематическую схему трансмиссии и систему управления трансмиссией. Некоторое распространение в транспортном, горном и строительном машиностроении получили двухступенчатые и трехступенчатые гидротрансформаторы различных конструкций: Lysholm-Smith [3], Twin Disc [4], Brockhouse [5], Packard [6], SRM [7], Volvo [8]. В отечественном транспортном машиностроении двухступенчатые гидротрансформаторы нашли применение, в частности, в гидропередачах маневровых тепловозов ТГМ-6 мощностью 1200 л.с. [2].

Параметры многоступенчатых гидротрансформаторов резко ухудшаются в зоне высоких передаточных отношений (более 0,6) вследствие увеличения гидравлических потерь. Известны комплексные варианты двухступенчатых гидротрансформаторов, которые способны переходить на режим гидромукты (например, гидротрансформатор Brockhouse [5]). Как правило, в двухступенчатых гидротрансформаторах комплексного

типа насосное колесо центробежного типа, турбина первой ступени — осевого типа, а турбина второй ступени — центростремительного типа. Турбина осевого типа более эффективно работает в диапазоне малых передаточных отношений (от 0 до 0,4) гидротрансформатора, а турбина центростремительного типа — в диапазоне высоких передаточных отношений (более 0,6) и на режиме гидромукты. Однако на режиме гидромукты двухступенчатые гидротрансформаторы имеют более низкий КПД по сравнению с одноступенчатыми гидротрансформаторами вследствие относительно большого числа вращающихся рабочих колес [9]. Последний недостаток преодолевается путем блокировки гидротрансформатора после выхода на режим гидромукты.

Одним из путей преодоления недостатков ГМП с одноступенчатыми гидротрансформаторами является комбинирование различных режимов работы передачи в зависимости от условий движения самоходной машины. На рис. 1, а представлена принципиальная кинематическая схема комбинированного гидротрансформатора в комплексном варианте с одноколесным реактором. Данный гидротрансформатор предусматривает режимы работы в одноступенчатом и двухступенчатом режимах, а также режимы гидромукты и блокировки [10]. При движении самоходной машины в хороших дорожных условиях гидротрансформатор работает с одной активной турбиной, а при необходимости

работы самоходной машины в условиях высокой нагрузки гидротрансформатор переключается в режим с двумя активными турбинами.

Все элементы гидротрансформатора установлены в корпусе 1. Гидротрансформатор содержит насос центробежного типа, состоящий из двух рабочих колес 2 и 3, основную турбину 4 центростремительного типа, реактор 5, установленный на муфте свободного хода 6. Рабочее колесо 2 соединено с входным валом 7, а турбина 4 посредством цепной муфты 8 — с выходным валом 9. Гидротрансформатор снабжен также двумя управляемыми цепными муфтами 10 и 11. Муфта 10 связывает колесо 3 с входным валом 7, а муфта 11 — колесо 3 с выходным валом 9. Все муфты могут быть выполнены как фрикционные многодисковые с гидравлическим управлением.

На первом режиме работы гидротрансформатор работает как двухступенчатый. В этом случае сцепная муфта 10 выключена, сцепная муфта 11 включена и соединяет колесо 3 с выходным валом 9. Рабочее колесо 3 рассоединено с рабочим колесом 2, и поток и напор рабочей жидкости в гидротрансформаторе создается только рабочим колесом 2. Рабочее колесо 3 при этом работает как турбина центробежного типа, которая в зоне малых передаточных отношений гидротрансформатора (0–0,4) имеет более высокий КПД и коэффициент трансформации вращающего момента по сравнению с турбиной центростремительного

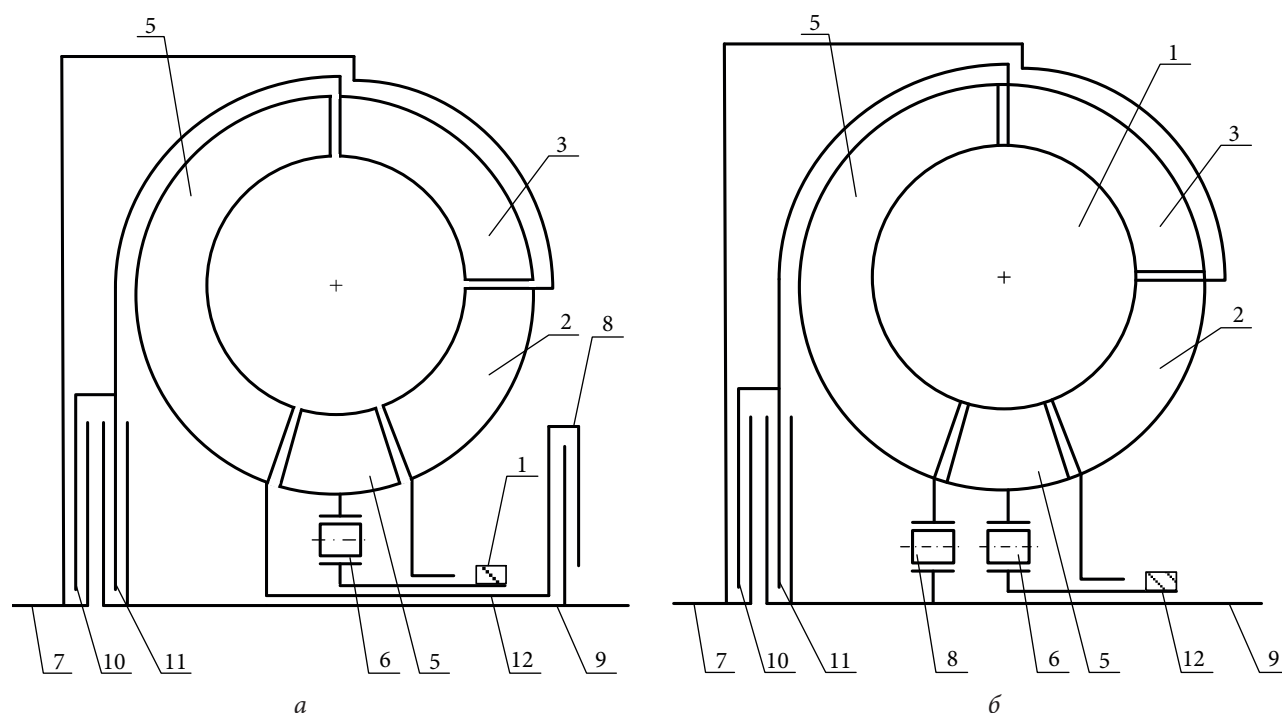


Рис. 1. Кинематические схемы комбинированного гидротрансформатора

типа. Вращающий момент на выходном валу 9 складывается из моментов от двух турбин — центробежной турбины 3 и центростремительной турбины 4. В некоторых случаях рабочая жидкость, выходящая из колеса 3, может создавать отрицательный вращающий момент на турбине 4, уменьшающий суммарный вращающий момент на выходном валу 9. Для предотвращения этого негативного явления предназначена муфта 8, которая отключает турбину 4 от выходного вала 9. По мере увеличения передаточного отношения гидротрансформатора система управления включает муфту 8, обеспечивая работу турбины 4 на выходной вал. Муфта 8 может быть выполнена как механизм свободного хода (рис. 1, б).

Так как центробежное насосное колесо и центробежная турбина характеризуются сравнительно малой кривизной своих лопаток, поэтому гораздо легче обеспечить характеристики комбинированного гидротрансформатора при совместной или раздельной работе колес 2 и 3. В общем случае рабочие колеса 2 и 3 могут иметь одинаковое количество простых по форме плоских радиальных или тангенциальных лопаток.

На втором режиме работы гидротрансформатор работает как одноступенчатый. При этом сцепная муфта 11 выключена, включена сцепная муфта 10, соединяющая колесо 3 с входным валом 7. Рабочие колеса 2 и 3 в этом режиме рабо-

тают совместно, образуя единое насосное колесо центробежного типа, расположенное симметрично турбине 4. Этим самым обеспечивается высокий КПД комбинированного гидротрансформатора 1 в зоне больших передаточных отношений (более 0,4) и в режиме гидромукты.

Переход комбинированного гидротрансформатора на режим гидромукты в диапазоне высоких передаточных отношений (более 0,8) осуществляет муфта свободного хода 6, разрывающая связь реактора 5 с корпусом 1.

Третий режим работы комбинированного гидротрансформатора — это блокировка, осуществляемая путем одновременного включения сцепных муфт 10 и 11. Все рабочие колеса 2, 3 и 4 соединяются между собой, входной вал 7 напрямую соединяется с выходным валом 9. Передаточное отношение комбинированного гидротрансформатора на режиме блокировки равно 1. Данный режим может быть также использован для торможения самоходной машины двигателем.

Рассматриваемый гидротрансформатор совмещает в себе положительные свойства комплексного одноступенчатого гидротрансформатора (высокий КПД при больших передаточных отношениях и на режиме гидромукты) и двухступенчатого гидротрансформатора (повышение коэффициента трансформации и КПД при малых передаточных отношениях).

Список литературы

1. Трансмиссии гусеничных и колесных машин / В.М. Труханов и др. — Москва : Машиностроение, 2001. — 736 с. — ISBN 5-217-02916-1.
2. Гидродинамические передачи: Проектирование, изготовление и эксплуатация / Б.А. Гавриленко и др. — Москва : Машиностроение, 1980. — 219 с.
3. *Lysholm A. J.R.* Hydraulic variable speed power transmission : патент № 1900118 США, 1933.
4. *Shorts W.F.* Vehicle power transmission : патент № 2727601 США, 1955.
5. *Gatiss A. L.* Improvements in or relating to hydraulic transmission apparatus : патент № 640727 Великобритании, 1950.
6. *Micsh H. L., Lucia C. J.* Transmission : патент № 2630893 США, 1953.
7. *Ahlen K. G.* Hydrodynamic torque converter : патент № 690053 США, 1954.
8. *Kronogard S.-O.* Hydrodynamic torque converter : патент № 3154924 США, 1964.
9. Мазалов Н.Д. Гидромеханические коробки передач автомобилей / Н.Д. Мазалов, С.М. Трусов. — Москва : Машиностроение, 1971. — 296 с.
10. Трушин Н.Н. Комбинированный гидротрансформатор : патент № 2682892 РФ, 2019.